



Uzun kemik cisim kırıklarının cerrahi tedavisinde minimal invaziv yöntemler

Minimally invasive surgical techniques for the treatment of the shaft fractures of the long bones

Emel Gönen, Yalım Ateş

Ankara Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 2. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Ankara

Uzun kemik cisim kırıklarında, indirekt redüksiyon tekniklerinin kullanılması ve kanlanmayı bozmamak amacıyla kırık hattı açılmadan tespit uygulanması, göreceli denge elde edilerek kallus oluşumu ile iyileşmeyi sağlar. İntramedüller çiviler, perkütan plaklar, minimal invaziv osteosentez için kullanılan plaklar (MIPO) ve eksternal fiksatörler bu tip kırık tedavisinde kullanılan minimal invaziv cerrahi için uygun implantlardır. Femur, humerus, tibia gibi uzun kemik cisim kırıklarında, ilk tercih genellikle intramedüller çiviler olsa da; çok parçalı veya segmental kırıklar, proksimal veya distal shaftta uzanımı olan kırıklar, çivilemeye uygun olmayan dar veya deforme medüller kanal varlığında ve diğer bazı özel durumlarda MIPO kullanılabilir. Minimal invaziv plak osteosentez tekniğinin gelişmesiyle birlikte periosteal dolaşımın korunması, kilitli vidalarla açılabilir stabilitenin artırılması ve vida etrafında gevşeme olmaması sağlanabilmiştir. Ancak MIPO tekniğinin uygulanışında bazı püf noktaları göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar sözcükler: Femur; önkol; humerus; indirekt redüksiyon; minimal invaziv; cisim kırıkları; tibia.

Indirect reduction techniques and fixation without opening the fracture zone to avoid disturbance of the blood flow- allow healing with relative stability and callus formation for the shaft fractures of the long bones. Intramedullary nails, percutaneous plates, minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) and external fixators are suitable implants for minimally invasive surgery in the treatment of this type of fracture. Although the first treatment of choice is often intramedullar nailing for the shaft fractures of the long bones such as femur, humerus and tibia, MIPO can be used for multi-fragmented or segmental fractures, or those extending to the proximal or distal shaft, as well as in case of medullary canal narrowing or deformity for which nailing is unsuitable or under other certain circumstances. The development of MIPO technique has led to the protection of the periosteal circulation, increased angular stability through locking screws and reduced loosening around the screws. However, some tips should be considered regarding the application of MIPO technique.

Key words: Femur; forearm; humerus; indirect reduction; minimally invasive; shaft fractures; tibia.

AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesfragen)'nun 1970'lerdeki çalışmalarında, diya-fizyel ve metadiyafizer kırıklar için önerdiği geleneksel plaklama prensiplerine uygun şekilde; direkt redüksiyon tekniği kullanılarak anatomik redüksiyonun elde edilmeye çalışılması çeşitli sorunlara neden olmuştur.^[1] Bu sorunlar, kırık parçalarının periosttan tamamen sıyrılması sonucunda kaynamama ve geç kaynama, ayrıca geniş yumuşak doku diseksiyonu-

na ve devaskularizasyona bağlı enfeksiyondur. Bu nedenle bahsedilen bu bölge kırıklarının tedavisi için mevcut prensiplerin yeniden gözden geçirilmesi gerekmiştir.^[2] Farouk ve Krettek'in öncülüğünde periostun sınırlı diseksiyonuyla kanlanmayı koruyan yeni plaklama yöntemleri ve buna uygun plaklar geliştirilmeye başlanmış; minimal invaziv yaklaşım, kırık hattındaki dokulara dokunmadan osteosentezi amaçlayan köprü plaklama yönünde bir eğilim oluşmuştur.^[2-4]

Kırık iyileşmesinde, devaskülarizasyona yol açabilecek mekanik mükemmellik ile kallus oluşumu sağlamak için tolere edilebilecek maksimum stabilite arasında kalmak için dikkatli planlanma yapmak gerekir.^[5] Bu amaçla geliştirilen biyolojik tespit prensipleri; kırığın redüksiyonunu, kanlanmanın korumasına azami önem verilmesini, düşük elastik modülüse sahip biyolojik uyumlu materyaller ve sınırlı cerrahi açılım kullanılmasını içermektedir.^[6] Bunu sağlayabilmek için kırığın redüksiyonu indirekt redüksiyon teknikleri ile kırığın uzağından ve kırık çevresindeki yumuşak dokuları koruyarak yapılmalıdır. Kanlanmayı korumak adına gerekirse kırık parçaları kısmen mekanik yüklenmenin dışında bırakılmalıdır.^[6]

Uzun Kemik Cisim Kırıklarının Minimal Invaziv Osteosentezi için Kullanılan İmplantlar

Minimal invaziv ve biyolojik prensiplere dayanan kırık cerrahisi; köprüleme amacıyla ve kas altından kaydırılarak gönderilen plaklar, cilt veya kas altından kolayca yerleştirilen plaklar, kırık hattı açılmadan kapalı olarak yerleştirilen intramedüller çiviler ve eksternal fiksatorler kullanılarak yapılabilir.

Uzun kemik kırıklarında intramedüller çiviler, bir kontrendikasyon olmadıkça, cerrahi tedavide ilk seçenektir.^[3,5] Oymalı veya oymasız çiviler kırık parçalarını direkt olarak açığa çıkarmadan kapalı redüksiyon sonrası, yine kırıktan uzakta birkaç cilt insizyonu ile tespiti olanak sağlar. Böylece parçalara tutunmuş yumuşak dokular sıyrılmadığı ve kan akımı korunduğu için kırık iyileşmesi hızlı bir şekilde gerçekleşir ve ameliyat sonrası enfeksiyon oranı düşer. İntramedüller çivilere kilitleme vidalarının da eklenmesiyle, çivileme endikasyonları basit transvers ve kısa oblik kırıklardan, çok parçalı diyafizyel kırıklara kadar geniş bir olgu serisinde uygulanabilir hale gelmiştir.^[7] Eksternal fiksatorler de kırığın biyolojik çevresini bozmadıkları için minimal invaziv cerrahi prensipleriyle uyumlu sayılırlar ve sıklıkla açık kırıklar ile yumuşak doku sorunu olan hastalarda kullanılırlar. Ancak yetersiz stabilite sorunuyla, tel/çivi dibi enfeksiyonuyla, ve tel/çivi gevşemesi gibi sorunlarla karşılaşılabilir.

Plaklarda ise minimal invaziv yöntemle plaklamak için minimal invaziv plakla osteosentez (MIPO) tekniği ve indirekt redüksiyon teknikleri kullanılarak kırık redüksiyonu sağlanır. Daha sonra, kırığın proksimalinde ve distalinde ufak kesiler kullanılarak, plak kas altına ama periost üzerine kaydırılarak yerleştirilir ve tespit edilir. Kırık fragmanlarındaki delici ve besleyici damarlar MIPO ile geleneksel plaklama yöntemlerine göre daha az hasar görür.^[8] Daha uzun plakla mekanik yüklenme dengelenirken, daha az vida ile gereksiz kemik hasarından kaçınılır. Böylece gerilim kalkanın-

dan bir ölçüde uzaklaşmış olur.^[5,9,10] Minimal invaziv plakla osteosentezin avantajları; yüksek kaynama ve düşük enfeksiyon oranı, kemik greftleme gereksiniminin azalması, çoklu travmalı hastalarla uğraşırken ideal bir teknik olması, ekstremitenin erken hareketine izin vermesi ve plak çıkarıldıktan sonra yeniden kırık sıklığının düşük olması şeklinde özetlenebilir.^[11]

Eklem dışı kırıklarda MIPO ve eklem içi kırıklarda transartiküler perkütan plak osteosentezi (TARPO) gibi minimal invaziv tekniklerin en önemli hatası implantların cilt altından yerleştirmek üzere tasarlanmamasıdır.^[12] Bu nedenle son dönemlerde cilt altından yerleştirmek amacıyla metadiyafizer kırıkların tedavisi amacıyla üretilen LISS (Less invasive stabilization system) plağı ve bununla uyumlu kombi delikli plaklar geliştirilmiştir.^[13,14]

HUMERUS CİSİM KIRIKLARINDA MİNİMAL İNVAZİV YÖNTEMLER

Humerus cisim kırıkları tüm kırıkların %1'ini oluşturur ve sıklıkla fonksiyonel breyslerle konservatif tedavi edilir. Yük taşımayan bir kemik olduğundan kısıllığına ve komşu eklemler sayesinde de dizilim hatasına tolerans gösterilebilir.

Cerrahi tedavi yöntemi yumuşak dokuların durumu, kırık yerleşimi ve şekli, kemik kalitesi, kanal çapı, eldeki imkânlar ve cerrahi ekibin deneyimine göre seçilir. Eksternal tespit, açık kırıklar ya da ciddi yumuşak doku hasarı olan kapalı kırıklarda tercih edilirken, cerrahi planlanan çoğu kırıkta plak veya intramedüller çiviler tercih edilir.^[15] Kapalı humerus cisim kırıklarının çoğuna köprülü plaklama yöntemi ile MIPO uygulanabilir, fakat radial sinir paralizisi varlığında MIPO kontrendikedir.^[15] Ancak humerus cisim kırıklarında minimal osteosentez prensibine en uygun implant intramedüller çivilerdir.^[16] Kilitli intramedüller çiviler göreceli olarak daha küçük kesilerden, yumuşak dokular daha az hasara uğratarak kullanılabilir. Plak tespiti teknik olarak daha zor olup, geniş yumuşak doku diseksiyonu gerektirir.^[15] Geleneksel plak tespitinin bir dezavantajı olan yumuşak doku hasarı ve vaskülaritenin bozulması sorunu, MIPO tekniği ile çözümlenebilir. Orta ve distal humerus cisim kırıklarında geleneksel açık redüksiyon ve plaklamayla, MIPO tekniğini karşılaştıran retrospektif bir çalışmaya göre, MIPO ile omuz-dirsek hareketlerinde benzer fonksiyonel sonuçlar elde edilmiştir. Yine bu çalışmada, MIPO tekniği ile daha hızlı kaynama (15 hafta-20 hafta) ve daha az sıklıkta iyatrojenik radial sinir hasarı (%0-31.3) gözlenmiştir.^[17]

Humerus Kırıklarında MIPO

Minimal invaziv plakla osteosentez uygulama endikasyonları, proksimal veya distal shafta uzanımı

olan parçalı kırıklar, segmental kırıklar, 8 mm'den dar medüller kanal varlığı, shaftın yanlış kaynama sonucu deforme olduğu durumlar ve açık kırıklardır. Humerus shaft kırıklarında radial sinir paralizisi varlığı MIPO için kesin kontrendikasyon oluşturur; diğer kontrendike durumlar kemiğin açıkta kaldığı şiddetli yumuşak doku kayıpları, osteomyelit, kısıklıkla birlikte gecikmiş cerrahi ve kemik greftleme gerektiren gecikmiş rekonstrüktif cerrahilerdir.^[15]

Humerus cisim kırıklarında MIPO tekniği kullanıldığında majör damarsal yapıların ve sinirlerin zedelenme ihtimali önemli bir sorundur. Bu durumdan korunmak için, güvenli plak yerleştirme bölgesi olarak brakialis kasının derininde yer alan humerus cisminin anterior yüzü seçilmelidir.^[15,18]

Humerus cisim kırıklarında kullanılacak minimal invaziv plak uygulamalarında, ana kırık parçalarının her birinde, proksimal ve distal plak segmentlerinde en az 3-4 delik yer alacak kadar uzun plak seçilmelidir. En proksimaldeki vida bisipital oluğun 3 cm distalinde, en distal vida da olekranon fossasının 1-2 cm proksimalinde yer almalıdır. Humerusta rotasyonel kuvvetler önemli rol oynadığı için kırığın her iki tarafında 3-4 vida yer almalı, basit kırıklarda mikroharekete izin vererek kallus oluşumunu uyararak için kırığın her iki tarafında en az 1-2 delik boş bırakılmalıdır (Şekil 1). Çok parçalı kırıklarda ise kırık hattına en yakın iki vida mümkün olduğunca kırık hattına yakın yerleştirilirken, kalan vidalar birbirin-

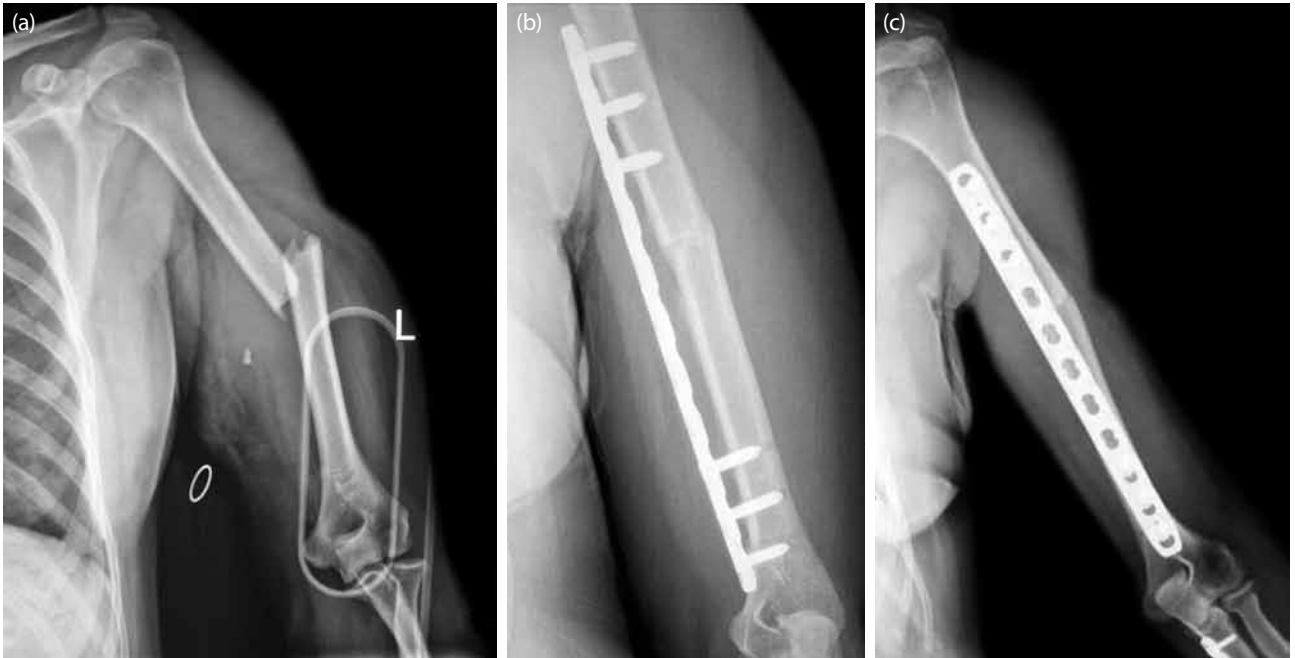
den uzak olacak şekilde tespit edilmelidir. Humerus cisim kırıklarında MIPO amacıyla 4.5'lük dar dinamik kompresyon plağı (DCP) proksimal parçası önceden eğim verilerek yerleştirilebilir. Yine kilitli kompresyon plakları (LCP) da internal fiksator olarak benzer şekilde kullanılabilir.^[15]

Humerus Cisim Kırıklarında MIPO Tekniği ile Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri

Taze dondurulmuş kadavralarda yapılan bir çalışmaya göre; humerus cisim kırığına MIPO tekniğine uygun olarak anterior yaklaşımla açılmış tünel yoluyla yerleştirilen dokuz delikli dar-DCP ile radial sinir arasındaki mesafenin önkol pronasyonu ve supinasyonu ile değiştiği bulunmuştur. Pronasyonda 0-3 mm olan plak-radial sinir arası mesafe, supinasyonda ortalama 3.2 mm ölçülmüştür.^[18] Bu nedenle kırık redüksiyonu, tünel hazırlama veya plak yerleştirme sırasında radial siniri zedelememek için cerrahi boyunca önkol supinasyonda tutulmalıdır; böylece radial sinir distal humerusun lateraline uzaklaşacaktır.^[15,18]

Distal cerrahi kesi esnasında brakialis kası ayrılırken muskükütanöz sinir zedelenebilir, ancak duyu hasarı sıklıkla geri döner. Spiral oluktaki radial sinir hasarından korunmak için ise humerus cismi ortasında vidalar anteroposterior yönde yerleştirilmemeli, vida gerekirse eğer mümkünse monokortikal konulmalıdır.^[15]

Parçalı kırıkları redükte etmek, transvers kırıklardan daha zorken, en zor olanı segmental kırık



Şekil 1. (a) Humerus cisim kırığı mevcut hastanın ameliyat öncesi anteroposteriyor grafisi, **(b)** minimal invaziv plakla osteosentez uygulanan hastanın ameliyattan dokuz ay sonra ön-arka grafi ve **(c)** yan grafisi.

redüksiyonudur ve orta segmenti yerleştirmek için humerusa fazla distraksiyon gerekebilir. Yanlış dizilimden korunmak için proksimal ve distal vidalar kemiğin merkezinde olmalıdır.^[15]

Literatürde bu konudaki yayınlara baktığımızda; humerusta MIPO tekniği uygulanan yedi olgunun yedi yıllık takibinde %90 hastada fonksiyonel düzelme sağlanmış, geç kaynama-kaynamama, radial veya aksiller sinir zedelenmesi izlenmemiştir.^[16] Benzer şekilde 20 olguluk bir başka çalışmada %75 hastada MIPO ile mükemmel ve iyi sonuç elde edilmiş ve %20^[5] hastada komplikasyon tespit edilmiştir.^[19] Distal humerus shaftında 4.5'lik DCP kullanılarak MIPO yapılan altı olguluk çalışmada da, hastaların tamamında 10 haftada kaynama sağlanmış, bir hastada geçici radial parestezi hariç hiçbir hastada damar-sinir komplikasyonu olmamıştır.^[20]

FEMUR CİSİM KIRIKLARINDA MİNİMAL İNVAZİV YÖNTEMLER

Çocuk ve genç ergenler hariç femur cisim kırıklarının çok büyük bir çoğunluğu internal tespit ile

tedavi edilir. 1967'lerde suprakondiler femur kırıklarının tedavisinde Neer ve ark.^[21] konservatif yöntemle %92 oranında başarıya karşılık, açık cerrahi ile sepsis ve yapışıklıklara bağlı daha az oranda iyi sonuç (%52) bildirmişlerdir. Ancak 1970'lerde AO grubunun önerdiği tedavi prensiplerinin kullanılmasıyla birlikte açık redüksiyon-internal tespit yöntemi ile elde edilen mükemmel ve iyi sonuç oranı %75-92 arasında olmuştur.^[22,23] Daha sonra kapalı redüksiyonla antegrad yerleştirilen kilitli intramedüller çivilerin geliştirilmesiyle, açık plaklama daha az tercih edilir olmuştur.^[24] Çünkü açık plaklamanın daha geniş açılım ve sıklıkla kemik greftlemesi gerektirmesi, daha fazla kan kaybı ve enfeksiyon oranı, belirgin implant yetmezliği ve kaynamama, daha yüksek oranda diz hareket kaybı gibi dezavantajları mevcuttur.^[24] Geleneksel yöntem intramedüller çivileme veya açık redüksiyon sonrası plakla tespittir ve seçilecek yöntem cerrahın deneyim ve tercihinin veya eldeki imkânlarla bağlıdır.

Sadece cismi içeren kırıklarda halen en çok tercih edilen intramedüller çivilerdir.^[3,25] Antegrad, piri-formis fossa girişli ve oymalı intramedüller çiviler



Şekil 2. (a) Femur diyafizinde yer alan kırığın yan grafisi **(b, c)** Proksimale ve distale ikişer kilitleyici vida yerleştirilerek antegrad intramedüller çivileme ile tespit edilmiş kırığın erken dönemde femurun ön-arka ve yan grafideki durumu ve **(d)** üçüncü yıldaki kontrolünde elde edilen kaynama görülmektedir.

kullanıldığında oymasız ya da retrograd girişli çivi veya trokanterik girişli antegrad çivilemeye göre daha iyi sonuçlar elde edilmektedir (Şekil 2).^[26-30] İntramedüller çivinin uygulanmadığı diyafiz kırıklarında MIPO kullanılabilir.^[31]

Femur Kırıklarında MIPO

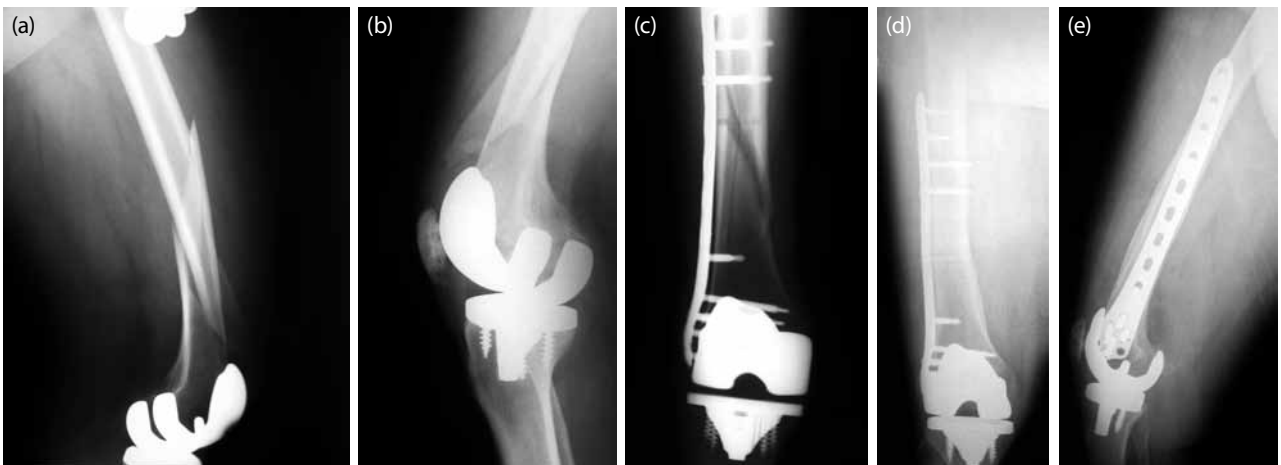
1980’de indirekt kırık redüksiyonunun ve minimal invaziv plakla osteosentezin popülerlik kazanması ile birlikte femur cisim kırıklarında geleneksel yolla plaklama sonrasında karşılaşılan geç kaynama, enfeksiyon gibi dezavantajların üstesinden gelinmiştir.^[2,3,12,32-35] Minimal invaziv plakla osteosentez ile femur cisim kırıklarında %4 kaynamama, %0-5.8 enfeksiyon oranları bildirilmiştir.^[36,37] Bu tekniklerle geleneksel yöntemler kadar hızlı kaynama elde edilirken kemik greftlemesine gerek kalmadığı görülmüştür.^[2,32,35] Ancak bazı yazarlara göre femur cisim kırıklarında MIPO ile tedavi uygulanırken kemik grefti kullanımı tamamen gereksiz değildir.^[9,38,39] Geleneksel yöntemlerle tedavi edilmiş kompleks ve spiral kırıklara göre çok daha az oranda greftleme gereksinimi halen daha sürmektedir ve primer ya da sekonder olarak kullanılmaktadır.

Femur diyafizindeki kama tipi kırıklarda ve spiral, segmental, parçalı-düzensiz tipteki kompleks kırıklarda (AO 32-B, 32-C) göreceli stabilite sağlayarak sekonder kemik iyileşmesi ve kallus oluşumunu sağlamak amacıyla, köprü plaklama kullanılabilir. Basit tipteki spiral, oblik ve transvers kırıklarda (32-A) ise direkt kırık kaynamasını hedefleyen parçalar arası kompresyon veya aksiyel kompresyon prensiplerinin kullanıldığı anatomik redüksiyon ve mutlak stabilite ile tespit sağlanmalıdır.^[24]

Sonuç olarak femur cisim kırıklarında MIPO endikasyonları özellikle proksimalde trokanterik bölgeye veya distalde kondiler bölgeye uzanım gösteren kama tipi veya kompleks kırıklar (32-B ve 32-C), epifizin açık olduğu pediatrik hastalardaki kırıklar, dar veya deforme intramedüller kanalın bulunduğu kırıklar, periprostetik kırıklar, pulmoner kontüzyonla birlikte olan femur kırıkları, aynı taraf femur boyun kırığının başka bir implantla tedavi edildiği beraberindeki cisim kırıklarıdır (Şekil 3).^[9,24,36,40-42] Ancak kırık sonrası iki haftadan fazla zaman geçtiyse, gelişen yumuşak doku kontraktürleri kırığın indirekt redüksiyonunu engelleyeceğinden bu kırıklarda MIPO uygulanmamalıdır.^[41]

Femur cisim kırıklarında MIPO amacıyla geniş LCP, geniş DCP ve LC-DCP plaklar kullanılabilir. Osteoporotik ve periprostetik kırıklarda LCP tercih edilir. Trokanterik ya da distal kondiler bölgeye uzanan kırıklarda kondil plağı veya DCS kullanılabilir. Femur cisim kırıklarında plak uzunluğu ve vida yerleşimine karar verirken, “kırık yayılım oranı” olarak ifade edilen “plak boyunun kırık boyuna oranının” çok parçalı kırıklarda 3; basit kırıklarda 8-10 olması, ve plak/vida doygunluk oranının 0.4’den az (proksimalde 0.5, kırık bölgesinde 0, distalde 0.67) olmaması istenir. Genellikle femur shaft kırıklarında 16-18 delikli MIPO plaklar tercih edilmektedir.^[24]

Literatürde, bildirilen çalışmalarda pediatrik cisim kırıklarında köprü plaklama ile 78 kırığın altı hafta içinde %91’inde kaynama elde edilmiş, altı ay sonra tüm hastaların implantları poliklinikte perkütan yolla çıkarılmıştır.^[41] Ateşli silah yaralanmasına bağlı görülen tip IIIA ve tip IIIB kırıklarda da minimal invaziv perkütan plaklama uygulanan 17 hastanın %6’sında



Şekil 3. (a, b) Femur diyafizometafizer bölgede periprostetik kırık gelişen hastada, (c) LISS ile kırık tespiti sonrası erken dönem ön-arka grafisi görülmektedir. (d) Hastanın ameliyattan 32 ay sonra ön-arka grafi ve (e) yan grafisinde kaynama izlenmektedir.

kaynamama, %29'unda greftleme gereksinimi, %5.8 derin enfeksiyon saptanmıştır. Bu oranların tedavi uygulanan hastalarda açık kırık olması nedeniyle kabul edilebilir olduğu ve açık kırıklarda MIPO'nun uygun bir tedavi seçeneği olduğu belirtilmiştir.^[37]

Femur Diyafiz Kırıklarında MIPO Tekniği ile Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri

Minimal invaziv plakla osteosentez tekniğinde en sık izlenen komplikasyon, yanlış kaynamaya yol açacak aksiyel rotasyon ve yanlış dizilimdir. Bu rotasyon bozukluğu ve açılanma başlangıçta proksimal ve distal vidalar lateral korteksin ortasına ve kortekse dik olarak yerleştirilmezse ortaya çıkar. Kalça altına ped ile yükseklik verilmemelidir, aksi halde proksimal parçanın rotasyonu bozulur. Distal parçanın rotasyonunun doğru ayarlanması için ise diz 40°-60° fleksiyonda desteklenmelidir.^[24]

Ayrıca plak yerleştirilirken femurun anterior kavsi-ni unutmamak gerekir. Bu amaçla femur cisminin orta kısmının alt hizasına bir yastık desteği ile bozulmuş kavis düzeltilir. Yine anterior açılanmayı korumak için, sagittal eğimli LCP, yoksa geniş düz bir plak konkav eğim verildikten sonra anterolateral kortekse konulup, vidalar anterolateralden posteromediale 40° oblik olarak yerleştirilebilir. Eğer tespit edilirken kısalık varsa bu durum sagittal planda da açılanmaya yol açacaktır, çözüm olarak distal parçadaki ilk vida, daha distaldeki ikinci deliğe yerleştirilir, hemen ardından yine kısalık saptanması durumunda traksiyonla kortekste açılmış olan delik, plağın son deliği olana kadar uzunluk sağlar.^[24]

Yine bir başka problem de büyük kama şeklinde kırık parça varsa bunun yarattığı kırık boşluğunu azaltmak için (ancak anatomik redüksiyon maksadıyla değil) redükte edilmesi avantaj sağlar. Bunun için perkütan bir şanz vidası yardımıyla bu parça tespit edilmeye çalışılır veya uygun bir kesiden bu parçaya standart kortikal vida konulur.^[24]

TİBİA CİSİM KIRIKLARINDA MİNİMAL İNVAZİV YÖNTEMLER

Son çalışmalarda tibia kırıklarında eğilim, ekstre-mite uzunluk farkı ve yanlış dizilim konularında hastaların daha az tolerans göstermesi nedeniyle daha fazla cerrahi uygulanması yönündedir.^[43]

Kilitli intramedüller çiviler, tibia cisminin orta 2/4 kısmının basit kapalı kırıklarında, kırık hattında kanlanmanın korunmasını sağlayarak iyileşmeyi hızlandıracağından, açık plaklamaya tercih edilir.^[3,43,44] Vécsei ve Heinz^[45] kapalı intramedüller çivileme ile 158 çok parçalı tibia kırığında iyi sonuçlar elde etmişler ve

%3.8 enfeksiyon, %0.6 psödoartroz, %0.6 çivi kırılması komplikasyonu ile karşılaşmışlardır. Yine Klemm ve Börner^[46] intramedüller kilitli çivileme ile tedavi ettikleri 401 kompleks tibia kırığının, %94.3'ünde mükemmel-iyi sonuç elde ederken, %2.2 hastada enfeksiyon, %0.7 hastada greftleme gerektiren geç kaynama ve kaynamama saptamışlardır.

Kırık hattının tibial planda uzandığı durumlarda dahi intramedüller çiviler kullanılabilir, yalnız burada bazı püf noktalar vardır. Öncelikle kanaldan çivinin geçişini engellemeyecek şekilde metafizdeki kırığı komprese edecek çekirte vidaları yerleştirilir.^[47] Bu bölgede varus valgus deformitesini engellemek için, medüller kanal çapını daraltarak, bloklayan "polar" vidaları kullanılmalıdır. Çivi geçişi sırasındaki varus deformitesini düzeltmek için distal parçanın proksimalinde medial tarafa antero-posterior yönde vidalar yerleştirilirken, valgus deformitesini engellemek için ise lateral tarafa yine antero-posterior yönde vidalar yerleştirilir.^[48] Ayrıca tibia cisminin ortasındaki ve distalindeki kırıklarda, oymalı çivilerin, oymasızlara göre kilitleme vidalarına daha az stres aktardığı, bunun da vida yetmezliği riskini azalttığı ve kaynamayı daha olumlu etkilediği gösterilmiştir.^[49] Cisim kırıklarında kırık hattı distale kaydıka çivinin distal kilitlemesini bir yerine iki vida ile yapıldığında kaynamanın arttığı gösterilmiştir.^[50]

Tibia cisim kırıklarında fibulanın durumu tartışmalıdır. Fibulotomi veya kısmi fibulektominin kaynamaya olumlu etkilerini gözleyerek sağlam fibulanın geç kaynama veya kaynamamaya yol açacağını belirten çalışmalar mevcuttur.^[51] Laboratuvar çalışmalarında ise tibia kırığında, plaklanmış bir fibula kırığının tek başına intramedüller çiviye göre daha fazla stabilite sağladığı gösterilmiştir.^[48,50,52,53]

Eksternal tespit ise sadece açık kırıklarda değil, yumuşak doku hasarının fazla olduğu kapalı kırıklarda da geçici veya kalıcı tespit aracı olarak kullanılabilir. Eksternal fiksasyonlar ayrıca perkütan plaklama öncesinde ameliyat öncesi veya ameliyat sırasında kırığın redüksiyonuna yardımcı olarak kullanılabilir.^[43]

Tibia Kırıklarında MIPO

Minimal invaziv plakla osteosentez pek çok kapalı tibia kırığında uygulanabilir ve aslında bu tekniğin en sık uygulandığı kırık bölgesi olup yeni başlayanlar için en kolay uygulanabilecek kırık bölgesidir.^[43] Tibia cisminin çok parçalı kama şeklinde ya da kompleks kırıkları MIPO için idealdir.^[4] Distal tibial metafiz, metadiyafizel bileşke ve yakınındaki cisim kırıklarında da intramedüller çivilerle birlikte minimal invaziv plaklar da önerilmektedir.^[47] Zaten

dar deforme kanal, şiddetli yumuşak doku hasarı, kompartman sendromu, tamir gerektiren vasküler hasar, medüller kanalın tam kontaminasyonu, proksimal ve distal ekleme uzanan kırıklarda intramedüller çivilerin kullanımı önerilmemektedir.^[43] Bu durumlarda da geleneksel plaklama yerine daha az yara sorununa yol açan ve kaynamayı hızlandıran perkütan plak tespiti ve köprü plaklama prensipleri tercih edilebilir.^[5,11,14,53-55]

Çok parçalı tibia kırıklarında geleneksel plaklama yöntemleri ile geç kaynama, kaynamama, enfeksiyon ve implant yetmezliği gibi komplikasyonlar çok sık izlenmiştir.^[56] Bunun nedeni anatomik redüksiyonu sağlamak için yapılan geniş cerrahi diseksiyon ve kırık parçalarının yumuşak dokulardan tamamen sıyrılmamasıdır. Minimal invaziv plakla osteosentez ile yumuşak dokular daha az zedelenecek, yara komplikasyon riski azalacak, medial tibianın kanlanması bozulmayacaktır.^[55] Yalnız açık tibia kırıklarını MIPO ile tedavi ederken yara ve yumuşak doku hasarının göz önüne alınması önemlidir.

Tibiada MIPO endikasyonları çok parçalı kırıklar, ekleme uzanan kırıklar, segmental kırıklar, 9 mm'den dar medüller kanal varlığı, deforme tibia cismi ve büyüme plaklarının açık olduğu durumlardır (Şekil 4).^[43] Platoyu içeren Schatzker tip V ve VI kırıklarda, LISS gibi tek taraflı kilitli plakların çift plak uygulamasından daha stabil olduğu tespit edilmiştir.^[5] Kontrendikasyonlar ise göreceli olup açıkta kemiğin görüldüğü şiddetli yumuşak doku kaybı, beraberin-

deki damar yaralanmaları, kompartman sendromu, patolojik kırıklar, osteomyelit, kısıklıkla birlikte olan geç kaynama ve kemik greftlemesi gibi geç rekonstrüksiyon gerektiren kırıklardır.^[43]

Tibia cisim kırıklarında MIPO uygulamak için 12-16 delikli DCP, dar LC-DCP veya LCP kullanılır.^[43,47,55] Anatomik eğim verilmiş LCP, kanlanmayı bozmasını, normal anatomiyi sağlaması, varus-valgus deformitesini ve rotasyonel deformiteyi azaltması nedeniyle tercih edilir.^[47] Ayrıca kilitli vidalar ana kemik parçalarını plağa çekmeyeceği için, vidalar sıkıldığında dizilim değişmeden kalır.^[57] LC-DCP'nin aksine, kilitli vidalı LCP açılma dengesi sağlar.^[43] Bu nedenle kilitli plaklar osteoporotik kemikte ve ayrıca kısa uç segment kırıklarında iyi bir seçenektir.^[43] Tibia cisminde MIPO yumuşak dokuların durumuna, kırığın şekli ve cerrahın tercihinine göre medial veya lateral yüze uygulanabilir. Kırık proksimale uzanıyorsa, köprü plaklama işlemi için seçilen kilitli plak laterale yerleştirilir: böylece hem proksimaldeki kırıkla uğraşmak daha kolay olur, hem de medial yumuşak dokulara hasar vermektan kaçınılmış olunur. Ancak distal uzanımlı kırıklarda köprü plaklama yaparken plağı tibianın medial yüzüne yerleştirmek tercih edilir, çünkü anterior ve lateraldeki damar-sinir ve tendonlar plağın laterale güvenli bir şekilde yerleştirilmesini güçleştirir.^[5,43] Medialden plaklama daha kolay olsa da implant belirgin çıkıntı yapabilir. Lateralde ise kasların altında yerleştirmek ve vidalamak daha zordur. Uygun yaklaşım için en fazla parçalanmanın olduğu bölgeye



Şekil 4. (a, b) Ön-arka ve yan grafilerde tibiada spiral bir kırık gözlenen hastada, (c, d) kırığın plak ile tespitinden 36 ay sonraki kontrolünde ön-arka ve yan grafileri.

göre karar verilir. Tünel hazırlama ve plak yerleştirme esnasında devaskülarizasyondan kaçınmak için kelebek fragman üzerine plak uygulanmamalıdır. Tibia cismi ortasındaki kırıklarda medial ya da lateral yüze kilitsiz plak uygulanırsa kontur vermek gerekmez. Ancak kırık proksimal veya distale uzanıyorsa kontur gerekecektir. Bu eğim, kırığın proksimal veya distal tibiaya uzanmasına ve plağın medial veya lateral kortekse yerleştirmesine göre ayarlanmalıdır.^[43]

Kırığı köprülemek için her iki tarafta üç kilitli vida yeterlidir. Eğer parçalı kırık söz konusuysa vidalardan biri kırığa en yakın, diğeri de plağın en uç deliğinde olacak şekilde yerleştirilir.^[43] Kilitli kompresyon plakları ile ilk kullanılacak geleneksel konik vidanın kırık hattına yakın yerleştirilmesinin kemik ve plağı birbirine yaklaştırmak, plağın çıkıntısını azaltmak ve stabiliteyi artırmak gibi etki ve avantajları vardır.^[55] Ancak ilk iki vidanın öncelikle en uçlara yerleştirilmesi önerilmektedir.^[57] Cerrahi sonrası hastalar, kaynama gelişene kadar kısmi yük vermelidir.^[55]

Tibia Cisim Kırıklarında MIPO Tekniği ile Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri

Tibia cisim kırıklarında tibianın medial ve lateraldeki düz yüzey yapısı nedeniyle rotasyon sorununa sık rastlanmaz, ancak distal $\frac{1}{3}$ 'te görülebilir ve karşı ekstremitayla kıyaslanarak değerlendirilmelidir.^[43] Kısalık ise distraktör veya eksternal fiksator ile düzeltilir ya da femurda anlatıldığı gibi distal fragmandaki vidanın sondan bir önceki deliğe yerleştirilmesi ve sonrasında traksiyonla plağı kemik üzerinden bir vida boyu kaydırarak kısalık düzeltililebilir.^[43]

Bir başka sorun da lateralden plağı kaydırırken kas kitlesi nedeniyle plağın anteriora doğru itilmesidir ki, vidalama esnasında geçici Kirschner-telleri ile plak vida deliklerinden kemiğe tutturularak bu sorun çözülebilir.^[43]

Sagittal plandaki açılanmalara karar verirken tibianın posteromedial yüzü fikir verse de önemli olgular da skopi ile yan görüntü almak önemlidir. Ancak burada şekil 4 pozisyonunda ya da diz ekstansiyondayken bacağın dış rotasyonunda elde edilen grafilerin tam yan grafi olmadığı bilinmeli; diz çamaşırıla desteklenerek, tibiaya 20° içe rotasyon verilerek görüntü alınmalıdır.^[43]

Plak, proksimal ve distalde açılan 3 cm'lik insizyonlardan kas altından-periost üstünden kaydırılır. Daha sonra vida deliklerine gelen yerlerden ufak insizyonlarla vidalama işlemi sırasında safen ven ve sinir korunmalıdır.^[58]

Minimal invaziv plakla osteosentez tekniğinin kullanıldığı en geniş çalışmada LC-DCP ile %84.5

olguda komplikasyonsuz kaynama, %1.4 yanlış kaynama izlenmiştir.^[59] Enfeksiyon oranı ise %4 ile %15 arasındadır.^[60-62] Minimal invaziv plakla osteosentez ile 11'i diyafizometafizer olmak üzere 16 çok parçalı tibia kırıklı hasta içeren bir çalışmada hiç greftleme gerek olmaksızın %93.7 oranında mükemmel ve iyi sonuç elde edilmiş, deformite ve derin enfeksiyon hiç birinde gözlenmemiştir.^[11] Distal tibia kırıklarında MIPO kullanılmasıyla ilgili olgu sayıları az olsa da (20-69 olgu), düşük oranda yanlış kaynama, geç kaynama, kaynamama bildiren pek çok çalışma bulunmaktadır.^[54,59,60,62] Fonksiyon olarak %89 hastanın eski durumlarını kazandığı çalışmalar vardır.^[60] Proksimal tibia kırıklarında ise, Radziejowski ve ark.^[55] MIPO uyguladıkları 22 olguda 12-24 haftada kaynamanın olduğunu ve iyi sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, minimal invaziv tekniklerin uzun kemik cisim kırıklarında kullanımı ile ilgili mevcut literatür sınırlı sayıda olsa da, hepsindeki ana prensip kırık bölgesinde yumuşak doku bağlantılarının ve kırık hematomunun biyolojisinin korunmasına yöneliktir.^[3,5-7,11,16,19,20,25,37,41,47,63] İntramedüller çivilerle MIPO tekniği tek başlarına değerlendirildiğinde benzer hızda kaynama ve en az enfeksiyon oranına sahip seçenekler gibi görünmektedir, ancak ikisinin kıyaslandığı yol gösterici çalışmalara gereksinim vardır. Yine de eklem dışı cisim kırıklarında, sınırlı insizyonla biyolojik plaklama ancak intramedüller çivilemeye uygun olmayan olgularda kullanılan bir tekniktir. Esas olarak metadiyafizyel tutulumu olan eklem çevresi parçalı kırıklarda tercih edilebilir. Perkütan plaklama kompartman sendromu, ciltte kontüzyon ve bül, zayıf vasküler dolaşım gibi yumuşak dokunun sorunlu olduğu hastalarda daha anlamlıdır.^[5]

Uzun kemik cisim kırıklarının minimal invaziv yöntemlerle tedavisinde bazı sorunları aşmak için yeni yöntemler geliştirilmektedir ve sonuçların nasıl olacağı zamanla görülecektir. Örneğin intramedüller çivilerin enfeksiyon komplikasyonlarından korunmak için antibiyotikli çiviler geliştirilmiştir. Yine özellikle oymalı çivilerde daha yoğun olmak üzere deneysel olarak kemik morfojenik protein kaplı titanyum implantlar imal edilmektedir.^[64] Burada amaç kanlanmayı azaltan durumların kaynamaya olumsuz etkilerini ortadan kaldırarak biyomekanik güçlenme ve hızlı remodelizasyon sağlamaktır. Eksternal fiksatorlerdeki gevşeme ve çivi yolu enfeksiyonu sorunu için ise hidroksiapatit kaplı Schanz çivileri kullanılabilir ve stabiliteyi artırmak için kablo osteosentezi ile güçlendirme yapılabilir.^[7]

Şu anda; geleneksel açık yöntemlere göre kapalı minimal invaziv yöntemler kullanıldığında, frontal ve sagittal planda aksiyel dizilimi, uzunluğu ve rotasyonu onarmak zor olabilmekte ve yanlış kaynama en önemli sorunlardan biri gibi görünmektedir.^[5,6,38,39] Ayrıca açık yöntemlere göre ameliyat süresince skopi kullanım sürelerinin uzunluğu da başka bir dezavantajdır.^[6] Bu nedenle bilgisayar destekli floroskopi, ameliyathanede üç boyutlu görüntülemeler ve navigasyon sistemleri gelecekte daha da önem kazanacaktır.^[5,65] Ayrıca LISS gibi plaklarda kilitli vidalar kırık redüksiyonunu sağlamadığından ve mevcut eksternal fiksator, kırık masası gibi yardımcı cihazlarla ilgili hala fonksiyonel, lojistik ve mekanik dezavantajlar bulunduğundan kapalı kırık redüksiyonu için de daha iyi yöntemler geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Tscherne H, Trentz O. Technique of internal fixation and results in comminuted and multifragment fractures of the femoral shaft (collective study by the German Section of the AO-International) (author's transl). *Unfallheilkunde* 1977;80:221-30. [Abstract]
2. Kinast C, Bolhofner BR, Mast JW, Ganz R. Subtrochanteric fractures of the femur. Results of treatment with the 95 degrees condylar blade-plate. *Clin Orthop Relat Res* 1989;238:122-30.
3. Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherne H. Minimally invasive plate osteosynthesis and vascularity: preliminary results of a cadaver injection study. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A7-12.
4. Krettek C, Schandelmaier P, Tscherne H. [New developments in stabilization of dia- and metaphyseal fractures of long tubular bones]. *Orthopade* 1997;26:408-21. [Abstract]
5. Egol KA. Minimally invasive orthopaedic trauma surgery: a review of the latest techniques. *Bull Hosp Jt Dis* 2004;62:6-12.
6. Chandler RW. Principles of internal fixation. In: Rockwood CA, Jr, Green DP, Bucholz RW, Heckman JD, editors. *Rockwood and Green's fractures in adults*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Raven Publishers; 1996. p. 159-229.
7. Zeng BF. Minimally invasive surgery in fracture management. *Chin Med J (Engl)* 2008;121:1349-51.
8. Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherne H. Minimally invasive plate osteosynthesis: does percutaneous plating disrupt femoral blood supply less than the traditional technique? *J Orthop Trauma* 1999;13:401-6.
9. Wenda K, Runkel M, Degreif J, Rudig L. Minimally invasive plate fixation in femoral shaft fractures. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A13-9.
10. Krettek C, Schandelmaier P, Miclau T, Tscherne H. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) using the DCS in proximal and distal femoral fractures. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A20-30.
11. Raiturker PPP, Salunkhe AA. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the treatment of multifragmentary fractures of the tibia. *Bombay Hospital Journal* 2001;43:162-8.
12. Krettek C, Müller M, Miclau T. Evolution of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the femur. *Injury* 2001;32 Suppl 3:SC14-23.
13. Kregor PJ, Stannard J, Zlowodzki M, Cole PA, Alonso J. Distal femoral fracture fixation utilizing the Less Invasive Stabilization System (L.I.S.S.): the technique and early results. *Injury* 2001;32 Suppl 3:SC32-47.
14. Cole PA, Zlowodzki M, Kregor PJ. Less Invasive Stabilization System (LISS) for fractures of the proximal tibia: indications, surgical technique and preliminary results of the UMC Clinical Trial. *Injury* 2003;34 Suppl 1:A16-29.
15. Apivatthakakul T. Humerus, shaft. In: Tong GO, Bavonratanavech S, editors. *AO Manual of fracture management, minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO)*. New York: Thieme; 2007. p. 145-73.
16. Numbela BX, Aceves LH, González AB, Castro CT. Minimally invasive surgery in diaphyseal humeral fractures with helicoidal plate. One year result in seven patients. *Acta Ortop Mex* 2007;21:239-46.
17. An Z, Zeng B, He X, Chen Q, Hu S. Plating osteosynthesis of mid-distal humeral shaft fractures: minimally invasive versus conventional open reduction technique. *Int Orthop* 2010;34:131-5.
18. Apivatthakakul T, Arpornchayanon O, Bavonratanavech S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of the humeral shaft fracture. Is it possible? A cadaveric study and preliminary report. *Injury* 2005;36:530-8.
19. Smejkal K, Dědek T, Zvák I, Trlica J, Lochman P. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the humeral diaphysis fractures. *Rozhl Chir* 2009;88:603-7. [Abstract]
20. Sirbu P, Asaftei R, Barbieru B, Berea G, Botez P, Carata E, et al. The advantages of minimally anvasive plate osteosynthesis (MIPO) by anterior approach in distal humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg [Br]* 2010;92(Suppl 4):575.
21. Neer CS 2nd, Grantham SA, Shelton ML. Supracondylar fracture of the adult femur. A study of one hundred and ten cases. *J Bone Joint Surg [Am]* 1967;49:591-613.
22. Schatzker J, Home G, Waddell J. The Toronto experience with the supracondylar fracture of the femur, 1966-72. *Injury* 1974;6:113-28.
23. Wenzel H, Casey PA, Herbert P, Belin J. Die operative Behandlung der distalen Femurfraktur. *AO Bull* 1970. [Abstract]
24. Bavonratanavech S, Apivatthakakul T. Femur, shaft. In: Tong GO, Bavonratanavech S, editors. *AO Manual of fracture management, minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO)*. New York: Thieme; 2007. p. 209-25.
25. Wong EW, Lee EW. Percutaneous plating of lower limb long bone fractures. *Injury* 2006;37:543-53.
26. Canadian Orthopaedic Trauma Society. Nonunion following intramedullary nailing of the femur with and without reaming. Results of a multicenter randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg [Am]* 2003;85-A:2093-6.
27. Ostrum RF, Agarwal A, Lakatos R, Poka A. Prospective comparison of retrograde and antegrade femoral intramedullary nailing. *J Orthop Trauma* 2000;14:496-501.
28. Ricci WM, Bellabarba C, Evanoff B, Herscovici D, DiPasquale T, Sanders R. Retrograde versus antegrade nailing of

- femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2001;15:161-9.
29. Ricci WM, Schwappach J, Tucker M, Coupe K, Brandt A, Sanders R, et al. Trochanteric versus piriformis entry portal for the treatment of femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2006;20:663-7.
 30. Tornetta P 3rd, Tiburzi D. Antegrade or retrograde reamed femoral nailing. A prospective, randomised trial. *J Bone Joint Surg [Br]* 2000;82:652-4.
 31. Apivatthakakul T, Chiewcharntanakit S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the treatment of the femoral shaft fracture where intramedullary nailing is not indicated. *Int Orthop* 2009;33:1119-26.
 32. Bolhofner BR, Carmen B, Clifford P. The results of open reduction and internal fixation of distal femur fractures using a biologic (indirect) reduction technique. *J Orthop Trauma* 1996;10:372-7.
 33. Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Tscherne H. Effects of percutaneous and conventional plating techniques on the blood supply to the femur. *Arch Orthop Trauma Surg* 1998;117:438-41.
 34. Heitemeyer U, Kemper F, Hierholzer G, Haines J. Severely comminuted femoral shaft fractures: treatment by bridging-plate osteosynthesis. *Arch Orthop Trauma Surg* 1987;106:327-30.
 35. Ostrum RF, Geel C. Indirect reduction and internal fixation of supracondylar femur fractures without bone graft. *J Orthop Trauma* 1995;9:278-84.
 36. Biçimoğlu A, Muratlı HH, Yağmurlu MF, Tabak AY, Aktekin CN. The results of plate fixation with the use of biological fixation principles and minimally invasive technique in femur fractures. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 2002;36:129-35.
 37. Necmioğlu NS, Subaşı M, Kayıkçı C. Minimally invasive plate osteosynthesis in the treatment of femur fractures due to gunshot injuries. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 2005;39:142-9.
 38. Chrisovitsinos JP, Xenakis T, Papakostides KG, Skaltsoyannis N, Grestas A, Soucacos PN. Bridge plating osteosynthesis of 20 comminuted fractures of the femur. *Acta Orthop Scand Suppl* 1997;275:72-6.
 39. Schmidtman U, Knopp W, Wolff C, Stürmer KM. Results of elastic plate osteosynthesis of simple femoral shaft fractures in polytraumatized patients. An alternative procedure. *Unfallchirurg* 1997;100:949-56.
 40. Necmioğlu NS, Kesemenli CC, Arslan H. Treatment of femur segmentary comminuted fractures by indirect reduction. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 1997;31:296-99.
 41. Jones CB, Tressel WD, Endres TJ, Ringler JR, Bielema DJ. Percutaneous bridge plating for pediatric femoral diaphyseal fractures. *J Bone Joint Surg [Br]* 2010; 92(Suppl 1):40. [Abstract]
 42. Kregor PJ, Hughes JL, Cole PA. Fixation of distal femoral fractures above total knee arthroplasty utilizing the Less Invasive Stabilization System (L.I.S.S.). *Injury* 2001;32 Suppl 3:SC64-75.
 43. Apivatthakakul T, Kok-Sun Khong. Tibia and fibula, shaft. In: Tong GO, Bavonratanavech S, eds. *AO Manual of Fracture Management, Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO)*. Stuttgart: Thieme; 2007. p. 281-299.
 44. Kakar S, Tornetta P 3rd. Open fractures of the tibia treated by immediate intramedullary tibial nail insertion without reaming: a prospective study. *J Orthop Trauma* 2007;21:153-7.
 45. Vécsei V, Heinz T. The interlocking nail for long comminuted and compound fractures of the femur and tibia. Technique and results. *Unfallchirurg* 1990;93:512-8. [Abstract]
 46. Klemm KW, Börner M. Interlocking nailing of complex fractures of the femur and tibia. *Clin Orthop Relat Res* 1986;212:89-100.
 47. Newman SD, Mauffrey CP, Krikler S. Distal metadiaphyseal tibial fractures. *Injury*. 2010;41:693-702.
 48. Krettek C, Stephan C, Schandelmaier P, Richter M, Pape HC, Miclau T. The use of Poller screws as blocking screws in stabilising tibial fractures treated with small diameter intramedullary nails. *J Bone Joint Surg [Br]* 1999;81:963-8.
 49. Gómez-Benito MJ, Fornells P, García-Aznar JM, Seral B, Seral-Iñigo F, Doblaré M. Computational comparison of reamed versus unreamed intramedullary tibial nails. *J Orthop Res* 2007;25:191-200.
 50. Mohammed A, Saravanan R, Zammit J, King R. Intramedullary tibial nailing in distal third tibial fractures: distal locking screws and fracture non-union. *Int Orthop* 2008;32:547-9.
 51. Teitz CC, Carter DR, Frankel VH. Problems associated with tibial fractures with intact fibulae. *J Bone Joint Surg [Am]* 1980;62:770-6.
 52. Egol KA, Wolinsky P, Koval KJ. Open reduction and internal fixation of tibial pilon fractures. *Foot Ankle Clin* 2000;5:873-85.
 53. Strauss EJ, Alfonso D, Kummer FJ, Egol KA, Tejwani NC. The effect of concurrent fibular fracture on the fixation of distal tibia fractures: a laboratory comparison of intramedullary nails with locked plates. *J Orthop Trauma* 2007;21:172-7.
 54. Kankate RK, Singh P, Elliott DS. Percutaneous plating of the low energy unstable tibial plateau fractures: a new technique. *Injury* 2001;32:229-32.
 55. Radziejowski MJ, Winiewski TF. Minimally invasive plating of proximal tibial fractures. *J Bone Joint Surg [Br]* 1998;80:164. [Abstract]
 56. Olerud S, Karlström G. Tibial fractures treated by AO compression osteosynthesis. Experiences from a five year material. *Acta Orthop Scand Suppl* 1972;140:1-104.
 57. Available from: http://www.aofoundation.org/wps/portal/surgery?showPage=redfix&bone=Tibia&segment=Shaft&classification=42-B3&treatment=&method=CRIF%20-%20Closed%20reduction%20internal%20fixation&implantstype=MIO%20-%20Bridge%20plating&approach=&redfix_url=1285239039132&Language=en
 58. Ozsoy MH, Tuccar E, Demiryurek D, Bayramoglu A, Hayran M, Cavusoglu AT, et al. Minimally invasive plating of the distal tibia: do we really sacrifice saphenous vein and nerve? A cadaver study. *J Orthop Trauma* 2009;23:132-8.
 59. Krackhardt T, Dilger J, Flesch I, Höntzsch D, Eingartner C, Weise K. Fractures of the distal tibia treated with closed reduction and minimally invasive plating. *Arch Orthop Trauma Surg* 2005;125:87-94.
 60. Bahari S, Lenehan B, Khan H, McElwain JP. Minimally invasive percutaneous plate fixation of distal tibia fractures. *Acta Orthop Belg* 2007;73:635-40.
 61. Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP. Wound complication of minimally invasive plate osteosynthesis in distal tibia

- fractures. *Int Orthop* 2008;32:697-703.
62. Gao H, Zhang CQ, Luo CF, Zhou ZB, Zeng BF. Fractures of the distal tibia treated with polyaxial locking plating. *Clin Orthop Relat Res* 2009;467:831-7.
63. An Z, Zeng B, He X, Chen Q, Hu S. Plating osteosynthesis of mid-distal humeral shaft fractures: minimally invasive versus conventional open reduction technique. *Int Orthop* 2010;34:131-5.
64. Schmidmaier G, Wildemann B, Cromme F, Kandziora F, Haas NP, Raschke M. Bone morphogenetic protein-2 coating of titanium implants increases biomechanical strength and accelerates bone remodeling in fracture treatment: a biomechanical and histological study in rats. *Bone* 2002;30:816-22.
65. Slomczykowski MA, Hofstetter R, Sati M, Krettek C, Nolte LP. Novel computer-assisted fluoroscopy system for intraoperative guidance: feasibility study for distal locking of femoral nails. *J Orthop Trauma* 2001;15:122-31.